



PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Docket No: Q75533

Svend Erik HANSEN

Appln. No.: 10/815,684

Group Art Unit: 3617

Confirmation No.: 9766

Examiner: To be assigned

Filed: April 02, 2004

For: A VESSEL FOR TRANSPORTING WIND MILLS, METHODS FOR TRANSFER OF
WIND MILLS, AND A WIND MILL FOR AN OFFSHORE WIND MILL FIELD

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Submitted herewith is a certified copy of the priority document on which a claim to
priority was made under 35 U.S.C. § 119. The Examiner is respectfully requested to
acknowledge receipt of said priority document.

Respectfully submitted,

Brian W. Hannon
Registration No. 32,778

SUGHRUE MION, PLLC
Telephone: (202) 293-7060
Facsimile: (202) 293-7860

WASHINGTON OFFICE

23373

CUSTOMER NUMBER

Enclosures: Denmark 2003-00515

Date: August 23, 2004



Kongeriget Danmark

Patent application No.: PA 2003 00515

Date of filing: 04 April 2003

Applicant: Hansen Maritime Agency
(Name and address) Brøndbyvester Strandvej 11
DK-2660 Brøndby Strand
Denmark

Title: Et fartøj til vindmølletransport, fremgangsmåder til flytning af en vindmølle samt en vindmølle til en offshore vindmøllepark

IPC: F 03 D 11/04; B 63 B 27/36; B 63 B 35/00

This is to certify that the attached documents are exact copies of the above mentioned patent application as originally filed.

By assignment dated 08 August 2003 and filed on 12 August 2003, the application has been assigned to Logima v/Svend Erik Hansen, Brøndbyvester Strandvej 11, DK-2660 Brøndby Strand, Denmark



Patent- og Varemærkestyrelsen
Økonomi- og Erhvervsministeriet

16 March 2004

A handwritten signature in black ink, which appears to read "Bo Z. Tidemann".

Bo Z. Tidemann



Opfindelsen angår i et første aspekt et fartøj til vindmølletransport, og i et andet aspekt samt i et tredje aspekt en fremgangsmåde til flytning af en vindmølle, hvor fremgangsmåden i det andet aspekt 5 vedrører flytningen af møllen fra land til et offshore vindmøllefelt ved opbygningen af dette, og fremgangsmåden i det tredje aspekt vedrører fjernel-sen af en udtjent mølle fra offshore vindmøllefeltet. I et fjerde aspekt angår opfindelsen en vindmølle.

10 Fartøjet ifølge det første aspekt af opfindelsen kan laste mindst en vindmølle med påmonteret fundament, hvor vindmøllen efter lastningen er placeret på fartøjet på en lasteplads i opret stilling svarende til vindmøllens oprette driftsstilling.

15 Et sådant fartøj kendes fra EP 1 101 935 A2, der beskriver, at en mølles fundament, tårn, nacelle og vinger samles i land til en hel vindmølle for at undgå de væsentlig højere omkostninger forbundet med en samling af møllens hovedkomponenter ved offshore 20 vindmøllefeltet. Da en vindmølle til brug offshore har meget betydelig størrelse, såsom en højde på mere end 100 m og en masse på op mod 1000 t i færdigmonteret stand, er det selvsagt ikke nogen enkel opgave at sejle en hel mølle ud til en offshoreposition og placere den på havbunden. I det nævnte skrift anvendes 25 en kran på fartøjet til at løfte hele vindmøllen fra land over på fartøjet, der derefter med den ene mølle sejler ud til offshorepositionen og løfter møllen på plads på havbunden. Et fartøj med en kran til løft på 30 omtrent 1000 t er et kostbart fartøj i drift. Det er blandt andet en ulempe, at dette fartøj anvendes til at sejle hver enkelt vindmølle fra land til offshore feltet, navnlig hvis feltet ligger langt fra land.

Fra WO 99/43956 er det kendt at opbygge to 35 vindmøller på en pram og slæbe dem ud til et offshore vindmøllefelt. Ude på feltet løftes hver mølle ved hjælp af en kran på et andet fartøj op fra prammen og sænkes ned på plads på feltet. Det er erfaringsmæs-

sigt risikabelt at løfte en stor konstruktion fra et flydende fartøj ved hjælp af en kran på et andet flydende fartøj, og der stilles høje krav til roligt vejr og kun små bølgehøjder for at foretage et sikkert løft uden beskadigelse af konstruktionen. Dette betyder, at der kun er et begrænset antal dage til rådighed til opbygning af et vindmøllefelt. Da mand- skab og fartøjer kun er til rådighed i sammenhængende perioder resulterer dette i høje omkostninger til etablering af feltet.

Løft af den samlede mølle med fundament indebærer endvidere den ulempe, at mølletårnet skal være styrkemæssigt dimensioneret til at kunne modstå løftet. Da belastningerne i løft er anderledes virkende end de dynamiske belastninger i drift, skal møllens tårn dimensioneres kraftigere for at kunne modstå løftet end det ellers havde været muligt. De kraftigere dimensioner medfører større vægt og dermed højere dynamiske belastninger i drift og større omkostninger til fremstilling af vindmøllen.

Fra WO 02/088475 er det kendt, at en eller to vindmøller med et fundament udformet som såkaldte sugepillen, der har åben bund for nedpresning i havbundens materiale for derved at skabe forankring, ophænges i wirer i et fartøj og sejles ud til et offshore vindmøllefelt, hvor vindmøllen fires ned på plads på havbunden. Inden sejladsen påbegyndes, trækkes vindmøllen an mod bunden eller siden af fartøjet. Vindmøllen er dog stadig en selvflydende konstruktion, der har et særdeles højtliggende tyngdepunkt i forhold til fartøjets tyngdepunkt. Dette bevirker, at konstruktionerne uundgåeligt vil bevæges i forhold til hinanden under sejlads, og at sejladsen ud til feltet kun kan foregå, når vejret er fint og bølgehøjderne små, hvilket som tidligere nævnt begrænser antallet af tilgængelige dage og medfører høje omkostninger.

Fra WO 01/34977 kendes en vindmølle, som med en

kran løftes ud i vandet, hvorefter et fartøj griber fat omkring tårnet, og ballast fjernes fra fundamentet, der indeholder et enkelt kammer, som står i forbindelse med tårnets indre. Når tilstrækkeligt med ballast er fjernet, flyder vindmøllen op til anlæg mod fartøjet, som derefter kan sejle vindmøllen ud til et felt, hvor fundamentet fyldes med ballast, så vindmøllen synker ned på havbunden. Rent bortset fra problemerne med kranløft af møllen og med sejlads med to flydende konstruktioner i anlæg mod hinanden, indebærer grebet om mølletårnet en risiko for skader på tårnet forårsaget af grebet. Selv mindre ridser har betydning for holdbarheden og styrken af mølletårnet.

Den foreliggende opfindelse har i sit første aspekt til formål at anvise et fartøj, der muliggør sejlads med vindmøller med kun ringe risiko for skade på vindmøllen, og sikker aflevering af vindmøllen på feltet.

Med henblik herpå er opfindelsen relateret til fartøjet ejendommelig ved, at fartøjet har midler til forskydning af vindmøllen fra lastepladsen til en losseposition, og at fartøjet har spil med mindst tre fleksible træk med tilhørende fikseringsorganer til montering på mindst tre løftepunkter på vindmøllefundamentet, hvilke fleksible træk er arrangeret således ved lossepositionen, at deres forløb ned til monteringssteder på vindmøllefundamentet er beliggende indbyrdes adskilt i vandret retning.

Da vindmøllen med fundament står på lastepladsen på skibet under sejladsen er det skibet, som opdriftsmæssigt bærer vindmøllen oppe. Dermed er problemerne med sejlads med to selvflydende konstruktioner i indbyrdes kontakt undgået. Eventuelle påvirkninger mellem surrings- og stuvningsmidler på skibet og vindmøllen kan indvirke på vindmøllens fundament, der er helt anderledes robust end vindmøllens tårn. Vindmøllens tårn er monteret på fundamentet og har ikke behov for yderligere støtte under sejladsen.

Sejladsen kan således foregå uden risiko for skader på vindmøllens tårn.

I forbindelse med losningen af en vindmølle flyttes den til lossepositionen. Dette sker med fartøjets midler til forskydning af vindmøllen. Ved at forskyde vindmøllen undgås ethvert greb om og løft i tårn eller nacelle, og dermed undgås også risikoen for skader på tårnet. Forskydningen flytter den vandrette placering af vindmøllens tyngdepunkt i forhold til fartøjets tyngdepunkt. Under sejlads er afstanden mellem vindmøllens tyngdepunkt og fartøjets tyngdepunkt mindre end når vindmøllen er forskudt til lossepositionen. Forskydningen giver dermed mulighed for at udforme fartøjet både med gode søgenskaber under sejlads og med gode laste- og losseegenskaber for vindmøller ude til havs ved feltet.

Når vindmøllen er placeret i lossepositionen og fartøjets mindst tre fleksible træk er monteret på de tilhørende løftepunkter på vindmøllefundamentet kan nedfiringen af vindmøllen begynde. Som følge af, at de fleksible træk forløber nedad med indbyrdes vandret adskillelse vil de påvirke vindmøllen med opadrettede løftekræfter, som ligger adskilt i vandret retning. Løftekræfterne påvirker parvis vindmøllefundamentet med oprettende momenter, som kompenserer for det tab af oprettende moment, der fremkommer, når vindmøllens vandlinieareal mindskes i forbindelse med, at hovedparten af fundamentets overside bringes ned under havoverfladen. Vindmøllen kan således uden risiko for kæntring føres fra en stabil tilstand på fartøjet ned til en stabil placering på havbunden.

Både sejladsen med vindmøllen og dennes overførsel til placering på havbunden sker ved hjælp af udstyr på selve fartøjet og alene ved at påvirke vindmøllefundamentet. Dette betyder, at både sejlads og losning kan ske under ret dårlige vejrkonitioner og uden risiko for beskadigelse af tårnet. Ved opbyg-

ningen af et større felt har fartøjet ifølge opfindelsen dermed flere effektive arbejdsdage end de tidligere kendte fartøjer.

Det foretrækkes, at fartøjet ved lossepositionen har to udragende arme beliggende med en indbyrdes vandret adskillelse, der er større end bredden af vindmøllefundamentet, og at mindst to af de fleksible træk går fra armene til løftepunkterne på vindmøllefundamentet. Vindmøllefundamentet kan i lossepositionen være placeret mellem armene, der er velegnede til at virke som styr for fundamentet, så vindmøllen er forhindret i at dreje rundt om mølletårnets længdeakse. Styringen af drejestillingen er af betydning i de tilfælde, hvor vindmøllens tilslutning til et elsystem på havbunden er monteret på den ene side af vindmøllefundamentet. De to udragende arme giver endvidere afstand til den øvrige del af fartøjets skrog, så at fartøjet kun skal sejle en kort afstand for at være bragt helt fri af vindmøllen. Dette er af betydning for losningen, idet vindmøllen bliver stationær i det øjeblik, at fundamentet sættes på havbunden, hvorefter fartøjets bevægelser i søen giver bevægelse af fartøjet i forhold til vindmøllen. Muligheden for hurtigt at bringe fartøjet bort fra vindmøllen tillader losning af vindmøller i mere uroligt vejr.

Det er muligt kun at lade ét fleksibelt træk udgå fra hver af armene og så lade eksempelvis et eller to fleksible træk udgå fra fartøjets dæk i nærheden af de fleksible arme. Det foretrækkes dog, at hver arm er tilknyttet mindst to fleksible træk, så den ene arm løfter i løftepunkter på den ene side af vindmøllefundamentet, og den anden arm løfter i løftepunkter på den modsatte side af vindmøllefundamentet. Hvis de to fleksible træk på armen forløber fra armen ned til løftepunkterne på vindmøllefundamentet med en adskillelse i armens længderetning i det væsentlige svarende til længden af vindmøllefundamentet opnås et stort set lodret træk i de fire løftepunk-

ter. De fleksible træk kan også arrangeres med en større indbyrdes vandret adskillelse, hvilket får løftekræfterne til at danne en lille vinkel med lodret i retning bort fra vindmøllen, hvorved vindmøllen
 5 udover de lodretvirkende løftekræfter også via trækene påvirkes med vandrette kræfter, som virker centrerende på vindmøllens vandrette placering i forhold til de fire løftepunkter.

Det er muligt, at midlerne til forskydning af
 10 vindmøllen omfatter skinner, der forløber hen gennem hele længden af fartøjets lasteplads til lossepositionen. Vindmøllerne kan eksempelvis forskydes på skinnerne ved hjælp af hydrauliske donkrafte, som efter fiksering kan aktiveres til at skubbe vindmøllefundamentet et stykke i retning af lossepositionen, hvor-
 15 efter donkraftene flyttes et tilsvarende stykke frem, fikseres og aktiveres til et nyt skub, og så fremdeles indtil vindmøllen er forskudt helt hen til lossepositionen. Vindmøllen kan også trækkes hen ad skinnerne ved hjælp af spil. Skinnerne kan eksempelvis
 20 anvendes til forskydning af vindmøller, som ikke er selvflydende, såsom en vindmølle med for lille volumen i fundamentet til at den kan være selvflydende. I dette tilfælde er fartøjet udformet med understøtninger til at bære vindmøllen i lossepositionen, indtil
 25 der er etableret passende løftekræfter med de fleksible træk, hvorefter vindmøllen kan frigives fra understøtningerne og fires ned på havbunden.

Mindst et af de spil med fleksible træk, som
 30 anvendes ved lossepositionen, indgår i en udførelsesform for fartøjet i midlerne til forskydningen af vindmøllen fra lastepladsen til lossepositionen. Fartøjets udrustning bliver dermed forenklet ved, at et og samme spil anvendes til både forskydningen og til
 35 nedfiringen af vindmøllen. Der opnås endvidere den fordel, at det fleksible træk forbindes med løftepunktet på vindmøllefundamentet, inden dette er forskudt hen til lossepositionen.

I en udførelsesform for fartøjet, der er særlig fordelagtig til transport af vindmøller, som har mulighed for at være selvflydende, har fartøjet i en tilstand med stor dybgang lastepladsens dæk beliggende i en sådan dybde under vandoverfladen, at en vindmølle kan flyde hen over lastepladsen, og i en transporttilstand med mindre dybgang ligger lastepladsens dæk oven over vandoverfladen, så at vindmøllen er båret af fartøjet. Når en vindmølle skal forskydes fra lastepladsen til lossepositionen bringes vindmøllen først i selvflydende tilstand, hvor fartøjet er ballastet til stor dybgang, og vindmøllefundamentet har tilstrækkelig opdrift til at bære hele vindmøllen oppe i flydende tilstand. Dernæst trækkes vindmøllen hen til lossepositionen, og fartøjet kan eventuelt lettes for ballast, inden vindmøllen sænkes ned på havbunden. Ballastændringen på fartøjet kan foretages hurtigere og med mindre mandskabsforbrug end ovennævnte donkraft-drevene forskydning af møllen på skinner.

Til brug i forbindelse med transport af vindmøller, som har ballasttanke, kan fartøjet have ballastmidler til ændring af et vindmøllefundaments ballasttilstand. Ved at placere ballastmidlerne på fartøjet bliver de mere driftssikre, og de kan genbruges fra mølle til mølle. Omkostningerne til fremstilling af den enkelte vindmølle bliver således mindre.

Som nævnt angår opfindelsen i et andet aspekt en fremgangsmåde til flytning af en vindmølle, der på et vindmøllefundament er opbygget med tårn, nacelle og vinger, inden vindmøllen sejles ud til et offshore vindmøllefelt, og hvor mindst en vindmølle placeres på et fartøj i opret stilling svarende til vindmøllens oprette driftsstilling og sejles ud til et placeringssted i offshore vindmøllefeltet, hvorefter vindmøllen overføres fra fartøjet til placeringsstedet på havbunden.

I en metode kendt fra EP 1 101 935 A2 løftes vind-

møllen med fundament over på og bort fra en kranpram og som nævnt ovenfor påvirker dette tårnet med løftekræfterne. I WO 99/43956 løftes vindmøller ved hjælp af et andet flydende fartøj, i WO 02/088475 flydes en
 5 vindmølles ud i kontakt med et fartøj, og i WO 01/34977 holdes en vindmølles tårn i en griber samtidig med, at ballastmængden i vindmøllens fundament ændres.

Den foreliggende opfindelse har i sit andet aspekt
 10 til formål at anvise en fremgangsmåde, som på enkel vis muliggør stort set skadesfri håndtering og sikker sejlads med vindmøller ud til et felt og placering af møllerne på dette.

Med henblik herpå er fremgangsmåden ejendommelig
 15 ved, at vindmøllen på fartøjet tilføres ballast i vindmøllefundamentet, inden sejladsen ud til vindmøllefeltet, og at der i forbindelse med overførslen af vindmøllen fra fartøjet til placeringsstedet tilføres ballast til vindmøllefundamentet, medens vindmølle-
 20 fundamentet holdes ophængt i mindst tre, vandret adskilte, fleksible træk fra fartøjet med i det mindste hovedparten af vindmøllefundamentets overside beliggende over havoverfladen.

Ved at tilføre ballast til vindmøllen, inden den
 25 sejles ud til feltet, kommer den til at stå med passende stabilitet på fartøjets dæk til at vindmøllen kan modstå fartøjets bevægelser i søen, og den forbliver stående sikkert på fartøjet i løbet af forskydning og nedfiring af en af de andre vindmøller.
 30 Når fartøjet befinder sig ved feltet, og vindmøllen skal overføres til havbunden, ophænges vindmøllefundamentet i de mindst tre fleksible træk, og derefter tilføres ballasten, og vindmøllen fires ned på bunden. Som beskrevet ovenfor opretholdes vindmøllens
 35 stabilitet mod kæntring af de vandret adskilte træk i løbet af hele nedfiringen, og også medens oversiden af fundamentets nedre afsnit passerer ned under havoverfladen.

Det foretrækkes, at vindmøllen er selvflydende og flyttes i flydende, opret stilling til en position over en lasteplads på fartøjet, inden ballasten tilføres i forbindelse med placeringen på fartøjet. Når
 5 ballasten tilføres, synker vindmøllen ned til placering på lastepladsen.

Efter sejlads ud til offshore vindmøllefeltet kan vindmøllen med fordel bringes i flydende, opret stilling, inden den fires ned til placeringsstedet. Ud-
 10 formningen af fartøjet er enklere, når vindmøllen kan bringes i selvflydende stilling inden nedfiringen.

Fremgangsmåden ifølge opfindelsen giver en fordelagtig mulighed for, at fartøjet lastes med mindst tre, fortrinsvis fire eller fem, færdigsamlede og
 15 funktionstestede vindmøller. Som følge af den særdeles ringe risiko for, at vindmøllerne beskadiges under transport og overførsel til havbunden, kan de færdigsamles, inden de lastes på fartøjet. Vindmøllerne kan dermed færdigbygges på fabrik i land eller
 20 ved havnen og funktionstestes på fabrikken eller ved havnen, så eventuelle fejl i vindmøllen er afhjulpet, inden den endelige sejlads ud til offshore vindmøllefeltet. Når vindmøllen placeres på havbunden, skal den blot forbindes til elnettet for at være drifts-
 25 klar. Ved at laste tre eller flere vindmøller på fartøjet opnås en hurtigere opbygning af feltet ved hjælp af et enkelt fartøj.

I sit tredje aspekt angår opfindelsen en fremgangsmåde til flytning af en vindmølle fra et placeringssted på havbunden i et offshore vindmøllefelt ved hjælp af et fartøj. De kendte offshore vindmølle-
 30 felter er alle opbygget uden hensyntagen til, at vindmøllerne på et tidspunkt er udtjente og skal fjernes.

35 Med henblik på at fjerne en vindmølle, når den ikke længere skal være i drift på feltet, er fremgangsmåden ifølge opfindelsen ejendommelig ved, at vindmøllefundamentet forbindes til mindst tre, vandret

adskilte, fleksible træk fra fartøjet, at ballastmidler på fartøjet tilsluttes vindmøllens fundament, at der løftes i de fleksible træk, medens vindmøllen står på havbunden, og at ballast fjernes fra vindmøllefundamentet, idet løftet i de fleksible træk opretholdes, indtil i det mindste hovedparten af vindmøllefundamentets overside er beliggende over havoverfladen. Det er på denne måde muligt på enkel vis at fjerne vindmøllen fra feltet.

10 I sit fjerde aspekt angår opfindelsen en vindmølle med et vindmøllefundament, hvor vindmøllefundamentet er udformet som et opdriftslegeme, som i flydende tilstand kan bære et påmonteret tårn med nacelle og møllevinger, og er indrettet til modtagelse af bal-
15 lastvæske. En sådan vindmølle kendes fra WO 01/34977.

Med henblik på at frembringe en vindmølle, som uden egentlig risiko for skader på mølletårnet kan sejles ud til en offshoreposition og sættes ned på bunden, er vindmøllen ifølge opfindelsen ejendommelig
20 ved, at vindmøllefundamentet er inddelt i mindst tre kamre, og fortrinsvis mindst fire kamre, hvoraf mindst tre virker som ballasttanke, og at vindmøllefundamentet har mindst tre løftepunkter med beslag for montering af fikseringsorganer.

25 Inddelingen af fundamentet i kamre bevirker, at vindmøllen i en selvflydende tilstand med hovedparten af fundamentets overside oven over havoverfladen er stabil i sin flydende stilling uden støtte fra andre konstruktioner. De mindst tre løftepunkter giver mulighed for tilkobling af træk fra et fartøj, så stabiliteten kan opretholdes, når oversiden af fundamentets nedre afsnit med stor bredde bringes ned under havoverfladen.
30

I en foretrukken udførelsesform har fundamentet
35 firkantet facon i sit nedre parti og et løftebeslag ved hvert hjørne. Den firkantede facon er nem at stuve på fartøjets lasteplads og er velegnet til at give effektiv støtte på havbunden. Den regulære firkantfa-

con er endvidere produktionsvenlig og giver mulighed for en symmetrisk opbygning af fundamentet.

I en udførelsesform har hver ballasttank i fundamentet et fylderør, et tømmerør og fortrinsvis også et pejlerør, hvor tømmerøret og pejlerøret strækker sig ned i nærheden af ballasttankens bund. Med ballasttanke udstyret på denne måde kan ballastmængden styres fra et fartøj ved at tilkoble slanger til rørene og tilføre eller fjerne ballast med anvendelse af pumper på fartøjet. Ballasttankene kan således udføres uden bevægelige elementer til ændring af ballastmængden. Med denne udformning opnås en særdeles høj driftssikkerhed også efter at vindmøllen har været i drift på et offshorefelt i en årrække.

Ballasttankenes fylderør, tømmerør og pejlerør kan være tre rør, som hver især i fundamentet står i forbindelse med alle ballasttankene, hvilket giver en samtidig fyldning eller tømning af alle tankene i vindmøllen. Det foretrækkes dog, at der er tre separate rør til hver ballasttank, så der i løbet af nedfiringen kan foretages præcis tilpasning af vægtfordelingen i fundamentet.

I en udførelsesform er tømmerøret forsynet med en ejector til udsugning af fluidum fra ballasttanken, når ejectoren tilføres tryksat væske. Ejektoren giver stor sikkerhed for tømning af ballasttanken, når vindmøllen står på havbunden. Som alternativ til anvendelse af en ejector kan tømmerøret have en pumpetilslutning i nærheden af ballasttanken, hvilket så kræver montering af en sugepumpe på tilslutningen ved hjælp af en dykker, når vindmøllen skal fjernes.

Eksempler på udførelsesformer og fremgangsmåder ifølge opfindelsen beskrives herefter nærmere med henvisning til den stærkt skematiske tegning, hvor

fig. 1 viser et sidebillede af en offshore vindmølle ifølge opfindelsen,

fig. 2-5 et fartøj ifølge opfindelsen med vindmøller ifølge opfindelsen illustreret i fire forskellige

indbyrdes stillinger,

fig. 6 illustrerer et diagram over rørtilslutninger til ballasttanke i vindmøllen i fig. 1,

fig. 7-10 illustrerer fire forskellige udførelses-
5 former for vindmøllen ifølge opfindelsen,

fig. 11 et længdesnit gennem en injektor i en tømmeledning i en ballasttank i vindmøllen,

fig. 12 en ovenfra set skitse af et fartøj ifølge opfindelsen lastet med fire vindmøller ifølge opfindelsen, og
10

fig. 13-15 skitser set fra siden af fartøjet og en vindmølle vist i tre forskellige stillinger ved fartøjets losseposition.

En vindmølle 1 har som vist i fig. 1 et antal mølle-
15 levinger 2, typisk to eller tre, som er monteret på en nacelle 3 i toppen af et tårn 4, der er monteret på et vindmøllefundament 5. Vindmøllens tårn, nacelle og vinger kan have enhver egnet udformning og kan eksempelvis være en mølle på 2 MW af et af fabrikaterne
20 Vestas Vind Systems A/S, Bonus Energy A/S eller NEG Micon A/S. En sådan vindmølle kan typisk have en højde fra bunden af fundamentet til toppen af nacellen på 90-100 m og en vingelængde på omkring 40 m.

Offshore vindmøller kan have større dimensioner
25 end nævnt, såsom effekter på 3 MW, 4 MW eller 5 MW med højder på 100-140 m og vingelængder på 45-80 m. Vindmøller med størrelser på under 1 MW er normalt ikke anvendelige.

Udformningen af selve tårnet med nacelle og vinger
30 er særdeles velkendt. Vingerne 2 er monteret på en rotor i en vindturbine, som i nacellens hus er monteret på en fundamentsplade og er tilknyttet et styre- og sikkerhedssystem, der blandt andet styrer vingerens indstilling og aktiverer bremsesystemer, når der
35 er behov herfor. Vindturbinen har et elektrisk system, der producerer strøm, og eventuelt omformer spænding og/eller frekvens til passende værdier. Det elektriske system er ført ned gennem tårnet til fun-

damentet, hvor der er koblingsdele bestemt til nettilslutning.

I et offshore vindmøllefelt er det sædvanligt, at udlægge et net 6, som vindmøllerne kan tilsluttes, og præparere havbunden ved pladsen for hver mølle, inden vindmøllerne monteres på feltet. Det er naturligvis muligt at udlægge nettet efter placeringen af møllerne, men forberedelsen af havbunden til placering af møllerne hører hensigtsmæssigt sammen med udlægningen af nettet.

Højden af vindmøllen varierer med vanddybden d. Som eksempel kan nævnes, at en 2 MW vindmølle til placering på 10 m vanddybde kan have en højde på omkring 90 m til toppen af nacellen. Fundamentet kan i dette tilfælde have en højde på omkring 20 m. Hvis vanddybden afviger fra de 10 m foretrækkes for samme vindmølleeffekt, at tilpasningen til den aktuelle vanddybde sker ved at variere højden af fundamentet. Der kan på denne måde på produktionsmæssig enkel vis anvendes samme mølletårn, nacelle og vinger til forskellige vanddybder, såsom vanddybder i intervallet fra 5 til 30 m ved at variere fundamentets højde fra 15 til 40 m. Højden af vindmøllens tårn afhænger af vingelængden, der igen afhænger af antallet af vinger på møllen og af effekten, idet længden vokser med stigende effekt og faldende vingeantal og vice versa.

Et fartøj 7 kan anvendes til at transportere vindmøllerne ud til offshore feltet. Fartøjets skrog er for tydeligheds skyld illustreret med skraveret snit i fig. 2-5, selv om skroget naturligvis ikke er massivt.

Det er særdeles fordelagtigt, hvis vindmøllerne i størst mulig udstrækning kan bygges og klargøres i land, fordi produktionsomkostningerne her er lavere end offshore. I det optimale tilfælde er vindmøllerne færdigbyggede, afprøvede og fejlrettede i land inden udsejlingen til offshore vindmøllefeltet. Udsejlingen kan som én mulighed ske direkte fra produktionsanlæg-

get, der typisk er opbygget ved en havn. Hvis offshore feltet befinder sig langt fra produktionsanlægget er det også muligt at foretage en mellemtransport, eksempelvis på en pram, fra produktionsstedet
 5 til en mellemhavn, hvor fartøjet 7 henter de færdigproducerede vindmøller for udsejling til feltet.

Fartøjet kan være udformet på en sådan måde, at vindmøllen skubbes ombord ved hjælp af donkrafte, som presser ind på fundamentet i vandret retning, og kan
 10 have et tilhørende skinnesystem, hvorpå vindmøllen glider. Skinnesystemet i land er i så fald i løbet af lastningen koblet til et skinnesystem ombord på fartøjet, så vindmøllen kan skubbes helt hen på sin transportplads, hvor vindmøllen står under sejlsads.
 15 En sådan udformning af fartøjet er især anvendelig til transport af færdigsamlede vindmøller, der ikke er selvflydende. Sådanne vindmøller kan i forbindelse med losningen ved offshore vindmøllefeltet blive forskudt hen ad skinnesystemet til lossepositionen, hvor
 20 de efter tilkobling til løftewirer bliver firet ned på havbunden i hovedtræk som beskrevet nedenfor.

I en foretrukken udførelsesform har fartøjet 7 variabel dybgang og et lastedæk 8 beliggende i en sådan højde i forhold til vandoverfladen 9, at dækket 8 for
 25 det første i en i fig. 2 vist transportstilling med lille dybgang for fartøjet er beliggende oven over havoverfladen, og for det andet i en i fig. 3 vist lastestilling med stor dybgang for fartøjet er beliggende i en sådan nedsænket dybde h under vandoverfladen 9, at en vindmølle 1 i selvflydende tilstand har
 30 mindre dybgang end lastedækkets nedsænkede dybde h. Dermed er vindmøllen 1 i stand til at forskydes i vandret retning i forhold til fartøjet 7 enten ved at fartøjet sejles ind under eller bort fra vindmøllen,
 35 eller ved at vindmøllen slæbes i vandret retning i forhold til fartøjet.

I forbindelse med lastning af fartøjet med vindmøller i havnen kan fartøjet ballastes til den i fig.

3 viste, nedsunkne stilling, hvorefter en eller flere vindmøller bringes i position oven over deres tiltænkte lasteplads på fartøjets lastedæk. Derefter tilføres hver vindmølles fundament ballast, indtil
 5 den er sunket ned til at stå på fartøjets lastedæk. Vindmøllerne kan slæbes enkeltvis ind over fartøjet og sænkes ned til placering på lastedækket, eller flere vindmøller kan sammen slæbes på plads og sænkes ned.

10 Når fartøjet 7 har sejlet vindmøllerne 1 ud til offshore feltet, kan fartøjet ved hjælp af indpumpning af ballast i fartøjet sænkes ned fra den i fig. 2 viste stilling til den i fig. 3 viste stilling, hvori den agterste vindmølle flyder, medens de
 15 øvrige vindmøller har så stor ballastmængde i deres fundament, at de vedbliver at stå på deres lastepladser. Den agterste vindmølle forskydes derefter vandret fra lastepladsen til den i fig. 4 viste losseposition. Dette kan ske ved, at personer på fartøjet med trosser fæstnet på vindmøllen manuelt slæber
 20 vindmøllen agterud. Det foretrækkes dog, at forskydningen af vindmøllen foretages ved hjælp af ét eller flere på fartøjet monterede fleksible træk 10 (fig. 14), som efter fastgørelse til vindmøllens fundament
 25 trækker vindmøllen agterud ved hjælp af tilhørende spil 11.

Når vindmøllen er forskudt vandret til den i fig. 4 viste stilling kan fartøjets dybgang mindskes ved udpumpning af ballast fra fartøjets indtil den i fig.
 30 5 viste stilling, hvorefter vindmøllen kan fires ned på plads på havbunden som det efterfølgende beskrives i forbindelse med fig. 13-15. Mindskningen af fartøjets dybgang øger fartøjets stabilitet betydeligt, idet hele lastedækket bringes op over havoverfladen.
 35 Det foretrækkes derfor, at fartøjet bringes i den i fig. 5 viste stilling inden nedfiringen, men det er også muligt at foretage nedfiringen fra den i fig. 4 viste stilling af fartøjet, især når der er ringe sø-

gang og ringe blæst.

I forbindelse med håndteringen af vindmøllen 1, skal ballastmængden i vindmøllefundamentet 5 ændres. Dette sker ved fjernelse fra eller tilledning af ballastvæske til ballasttanke 12 i vindmøllefundamentet. Det er naturligvis muligt at tilføre ballast til tankene ved hjælp af betjening af en ventil i ballasttankens side, dvs. ved åbning af en sådan ventil, og at fjerne ballast ved aktivering af en pumpe monteret 10 nede i ballasttanken, men det foretrækkes, at der i ballasttanken ikke er bevægelige dele, som kræver vedligeholdelse. For vindmøller, som skal stå i mange år på et vindmøllefelt, er det en fordel, at vindmøllen ikke indeholder de aktive bevægelige dele til ændring af ballastindholdet i tankene. I en foretrukken 15 udførelsesform for vindmøllen er den derfor som illustreret i fig. 6 udformet med faste rør, som fører fra et tilkoblingssted 13 over havoverfladen ned til ballasttankene 12 i fundamentet.

20 Tilkoblingsstedet 13 kan ligge beskyttet bag en dækplade i den øvre ende af fundamentet, og de enkelte rør kan hver især være afsluttet i et beskyttende dæksel. Efter fjernelse af dækpladen og aftagning af dækslerne kan slanger tilkobles rørene. Hver ballast- 25 tank kan være tilknyttet et fylderør 14, et pejlerør 15 og et tømmerør 16, hvor i det mindste tømmerøret 16 og pejlerøret 15 strækker sig ned i nærheden af ballasttankens bund 17. Tilkoblingen af slangerne kan ske ved hjælp af betjeningspersonale, som står på en 30 platform 18 ved overgangen mellem fundamentet og tårnet 4.

Fylderøret 14 kan udmunde et vilkårligt sted inden i ballasttanken. Tømmerøret 16 bør indvirke ved bunden af ballasttanken, således at hovedparten af ballasttankens væskeindhold kan fjernes ved hjælp af 35 tømmerøret. Tømmerøret 16 kan i en udførelsesform have en tilslutning, som befinder sig mindre end 8-10 m over bunden 17 og har en tilkobling for en sugepumpe,

som kan monteres over havoverfladen eller af dykkere under havoverfladen. Der foretrækkes dog en udførelsesform, hvor tilslutningen for tømmerøret 16 befinder sig oppe ved tilkoblingsstedet 13 for de øvrige
 5 rør, og i dette tilfælde er tømmerøret forsynet med en ejektor 19 nede i ballasttanken, se i fig. 11.

Ejektoren 19 suger som illustreret ved pilene A væske ud af ballasttanken 12, når tømmerøret 16 tilføres tryksat væske ved hjælp af en pumpe, der kan
 10 være placeret i stor højde oven over ejektoren. Væsken tilført gennem tømmerøret 16 sendes op gennem ejektoren og frembringer ved dysen 20 et undertryk, som suger væske fra kammeret 12 op gennem afgangsrøret 21, som udmunder uden for ballasttanken 12, såsom
 15 ved fundamentet over havoverfladen 9. I stedet for at udmunde over havoverfladen kan afgangsrøret 21 udmunde under havoverfladen, såsom ved oversiden 22 af ballasttanken, men der kræves så en kontraventil monteret i afgangsrøret for at forhindre tilbagestrømning af væske til ballasttanken.
 20

Fundamentet har endvidere i udførelsesformen i fig. 6 et rør 31, som ved sin øvre ende har en tilkobling for en slange. Røret 31 fører ned i fundamentets bund og udmunder ved undersiden af fundamentet,
 25 så at der gennem røret 31 kan ledes tryksat væske ned under bunden af fundamentet, når vindmøllen skal løftes bort fra bunden.

I den efterfølgende omtale af forskellige udførelsesformer anvendes for enkelheds skyld samme henvisningstal som ovenfor for detaljer, som har i det væsentlige samme funktion.
 30

Vindmøllefundamenter kan have forskellige udformninger. I et øvre afsnit 5a er fundamentet rørformet og ender opadtil i en flange til samling med en bundflange på tårnet 4. Afsnittet 5a kan være cylindrisk, men det er også muligt, at afsnittet har mindre diameter i det bølgepåvirkede område ved havoverfladen. Et nedre afsnit 5b af fundamentet har væsentlig stør-

re diameter end det øvre afsnit 5a. Det nedre afsnit 5b virker som gravitationsfundament for vindmøllen. For den ovenfor nævnte vindmølle på 2 MW kan nacellen eksempelvis have en masse på 106 t, tårnet kan have en masse på 160 t, det øvre afsnit 5a kan have en masse på 40 t og det nedre afsnit 5b kan have en masse på 400 t.

Det øvre afsnit 5a kan eksempelvis være et stålør eller det kan være af armeret beton. Det nedre afsnit 5b er typisk af armeret beton og kan være forsynet med stål-girders, såsom lodretstående stålplader, der kan have letningshuller ved sin nedre rand for at tillade væskepassage i de tilfælde, hvor girderen er placeret inde i en ballasttank. Når det nedre afsnit er af armeret beton, kan der integreret i afsnittets bund være en stålplade, som strækker sig over hovedparten af fundamentets nederste areal. Det nedre afsnit 5b kan alternativt være opbygget i stål.

Det foretrækkes, at fundamentet 5 efter placeringen af vindmøllen på feltet står direkte på havbunden og bærer møllen i kraft af sin egen vægt, dvs. uden egentlig fundering ned i havbunden. Det er ganske vist muligt at forankre fundamentet yderligere i havbunden ved hjælp af en eller flere funderingspæle, men dette er ikke foretrukket, fordi det kræver udførelse af funderingsarbejde og kræver yderligere arbejde, når vindmøllen skal fjernes fra feltet.

I fig. 7 er vist en udførelsesform, hvor fundamentets nedre afsnit 5b har tre ballasttanke 12. Fundamentet har set ovenfra trekantet facon, og hver ballasttank er forsynet med et fylderør 14 og et tømmerør 16. Det er muligt, men ikke nødvendigt at forsyne hver ballasttank med et pejlerør (ikke vist). Fundamentet er endvidere i nærheden af trekantens spidser forsynet med tre beslag 23 for montering af fikseringsorganer til løftning i fundamentet. Beslagene kan eksempelvis være udformet som øjebeslag, der kan bringes i indgreb med sjækler eller lignende fikse-

ringsorganer på fleksible træk.

Fig. 8 viser en anden, foretrukken udførelsesform. Vindmøllefundamentets nedre afsnit 5b er her inddelt i et cirkulært centralt kammer 24 med en diameter D 5 svarende til omtrent halvdelen af fundamentets bredde og i fire omgivende ballasttanke 12. Hver ballasttank har et fylderør 14, et pejlerør 15 og et tømmerør 16. Det centrale kammer 24 kan også have et fylderør 14, et pejlerør 15 og et tømmerør 16. Det er dermed mu- 10 ligt at foretage individuel ballastjustering i hver ballasttank og eventuelt også i det centrale kammer. Der er et beslag 23 ved hvert hjørne af fundamentet. Det centrale kammeres væg kan være konisk, således at den i toppen går over i røret i det øvre afsnit 5a.

Fig. 9 viser en yderligere udførelsesform, hvor et 15 fundament har en lignende hovedinddeling i en centralt kammer 24 og i fire omkringliggende ballasttanke 12. Der er i denne udførelsesform kun et enkelt fælles sæt af rør, nemlig et enkelt fylderør 14, et 20 enkelt pejlerør 15 og et enkelt tømmerør 16. Der foretages således samtidig fyldning, tømning og pejling af alle ballasttankene i fundamentet. Dette er muliggjort ved, at der i skillevæggene mellem ballasttankene er strømningspassager med et relativt beskedent 25 areal, således at kun langsomme fluidstrømninger mellem kamrene er mulige, men ikke kraftigere strømninger, som ville kunne føre til, at den ønskede stabilitetsforbedrende virkning af opdelingen af fundamentet i flere kamre udeblev. Beslagene 23 er ikke pla- 30 ceret ved hjørnerne af fundamentet, men i stedet ved midten af fundamentets langsider.

I fig. 10 ses en yderligere udførelsesform for vindmøllen, hvor fundamentet er inddelt i fire ballasttanke 12, der hver er forsynet med i det mindste 35 et fylderør 14 og et tømmerør 16. Med hensyn til pejling er det muligt at udnytte tømmerøret som pejlerør i løbet af de tidsrum, hvor der sker ifyldning af ballast eller mellem de perioder, hvor der ikke ud-

tømmes ballast. Dette kræver dog en omskifter på tømmerrøret mellem en pejlestilling og en tømcestilling.

Fartøjet 7 ifølge opfindelsen er illustreret i fig. 12 set ovenfra. Der er lastet fire vindmøller 1, som er sat ned på plads på fartøjets lasteplads 25. I fartøjets agterende er udformet en losseposition 26, hvor en vindmølle kan fires ned på havbunden eller løftes op derfra. Fartøjet kan som illustreret på tegningen være et dokskib, der på hver side af lastedækket har et sideopbygning 27 med et dækparti beliggende i højere højde end lastedækket, eller det kan være et fartøj af pramlignende karakter, der ikke har sådanne i længderetningen gennemgående dækpartier i højere højde. Sideopbygningerne 27 giver dog den fordel, at der er opstående sider, som kan tjene som sideværts styr ved stuvning og surring af vindmøllerne. Sideopbygningerne forbedrer endvidere fartøjets stabilitet i tilstanden med stor dybgang. Fartøjet kan også være en semi-submersible med flere skrog.

Fartøjet 7 har ved lossepositionen 26 to udragende arme 28, som er forlængelser af fartøjets sider agterud forbi en agterstavn 29, så at der mellem armene er fri adgang nedad til havbunden. Ved lossepositionen er der i den viste udførelsesform fire spil 11, der hver styrer et af de fleksible træk 10, der eksempelvis kan være et wiretræk eller et kædetræk. Hvert spil har et drev og mindst en spiltromle med wiren eller kæden til det fleksible træk, som løber op omkring en rulle og ned til en fri ende med et fikseringsorgan bestemt til sammenkobling med et fikseringsorgan ved et af løftepunkterne 23 på vindmøllens fundament 5.

Fikseringsorganet kan eksempelvis være en sjækket monteret ved enden af wiren eller kæden i det fleksible træk. Det foretrakkes, at fikseringsorganet er af en type, som kan fjernudløses, eksempelvis ved aktivering af en hydraulisk cylinder. Udløsningen kan eksempelvis ske ved hjælp af et ryk i en udløserline,

som oppe fra fartøjet fører ned til den hydrauliske cylinder ved fikseringsorganet eller ved hjælp af et trådløst overført signal til en modtager på cylindren. Den hydrauliske cylinder kan eksempelvis tilba-
 5 getrække en pal, som indgriber med øjebeslaget på løftepunktet. Når palen er trukket tilbage, er fikseringsorganet frigjort, og det fleksible træk 10 kan hejses op. Derved undgås anvendelsen af en dykker til at frigøre trækkene 10 efter placeringen af vindmøl-
 10 len på havbunden.

Fartøjet 7 har ballastmidler med et pumpesystem til levering af tryksat væske, såsom havvand. Et sådant pumpesystem kan være et separat system eller det kan indgå i fartøjets sædvanlige pumpesystemer til
 15 levering af spulevand eller ballastvand til fartøjets behov.

Ballastmidlerne omfatter også slanger til tilslutning på rørene i fundamentet ved tilkoblingsstedet 13. Der kan anvendes slanger, som udgår fra et fast
 20 sted på fartøjet og har tilstrækkelig stor længde til at kunne nå fra en vindmølle 1 placeret på lastepladsen nærmest skibets overbygning 32 til en vindmølle placeret ved lossepositionen 26. Der kan alternativt være et slangesæt ved lossepositionen og andre slan-
 25 gesæt ved lastepladsen. I en foretrukken udformning er ballastmidlernes slangesæt monteret på en slangeautomat 33, der som vist i fig. 12 er forskydelig i fartøjets længderetning på et par skinner 34 på sideopbygningen 27. Slangeautomaten kan passende have en
 30 hydraulisk betjent lift 35 med plads til mindst én person. Slangerne kan være båret af liftten, og når slangerne ikke er tilkoblet rørene på en vindmølle kan deres koblingsparter ved slangeenderne være placeret i en holder på liftten.

35 Når en vindmølle skal flyttes fra stillingen i fig. 2 på lastepladsens dæk til den i fig. 3 viste flydende stilling, forbindes slangesættene først til rørene på vindmøllen, og dernæst fjernes ballast fra

fundamentet. De på fartøjet forreste træk 10 er bragt i forbindelse med de forreste monteringssteder 23 på vindmøllens nedre afsnit 5b. Derefter kan møllen ved betjening af spillene 11 forskydes vandret til den i 5 fig. 13 viste losseposition 26, hvor vindmøllen er i flydende stilling mellem armene 28, og samtidig hermed forskydes slangeautomaten 33 på skinnerne 34, så den følger med vindmøllen.

Derefter forbindes alle de fleksible træk 10 med 10 de tilhørende løftepunkter på fundamentets nedre afsnit 5b. Fundamentet er stadig selvflydende med hele eller hovedparten af oversiden af det nedre afsnit 5b beliggende over havoverfladen 9. Derefter aktiveres spillene 11 til indrulning af de fleksible træk, ind- 15 til der i hvert af trækkene er en trækraft, som løfter i det tilhørende løftepunkt på fundamentet. Vindmøllen ophænges således i de fleksible træk, medens den flyder. Det er naturligvis også muligt at forbinde alle de fleksible træk til løftepunkterne på fun- 20 damentet, inden vindmøllen flyttes fra lastepladsen.

I en udførelsesform er spillene 11 såkaldt constant-tension spil, der i aktiveret stilling vedvarende opretholder en bestemt trækraft i trækket 10. Denne trækraft kan hensigtsmæssig være indstillet 25 lelig på hvert spil. Disse spil giver mulighed for kontinuert ifyldning af ballast med samtidig forøgelse af vindmøllens dybgang og opretholdelse af de forudbestemte trækkræfter i løftepunkterne.

I en anden udførelsesform er hvert spil 11 styret 30 til ind- eller udrulning i afhængighed af, om trækraften i trækket 10 ønskes forøget eller formindsket.

Det er også muligt at frembringe løftekraften ved først at foretage indrulningen med spillene 11 på en 35 sådan måde, at det slække i de fleksible træk 10 netop er fjernet, dvs. at løftekraften er af lille størrelse, når vindmøllen er i sin selvflydende stilling. Derefter kan spillene 11 fiksure de fleksible træk,

- og en del af ballasten kan fyldes i ballasttankene 12. Derved opbygges i hver af de fleksible træk et løft svarende til vægten af den ifyldte ballast. Når eksempelvis en tredjedel eller halvdelen af den samlede ballastmængde er tilført fundamentet kan der foretages en vis nedfiring af vindmøllen, hvorefter yderligere ballast kan ifyldes, efterfulgt af en yderligere nedfiring og ifyldning af yderligere ballast osv., indtil den fulde ballastmængde er tilført.
- 10 Løftet i det enkelte træk svarer højst til en fjerdedel af vindmøllens vægt, når fire træk 10 er anvendt. Løftet kan hensigtsmæssigt svare til mellem 5% og 20% af møllens vægt, og fortrinsvis mellem 10% og 15% af møllens vægt.
- 15 Som følge af de opadrettede kræfter i løftepunkterne er vindmøllen stabilt ophængt i fartøjet, når det nedre afsnit 5a's overside bringes ned under havoverfladen og under den videre nedfiring som vist i fig. 14. Når ifyldningen af ballast er afsluttet fi-
- 20 res af i spillene 11, så at vindmøllen synker nedad mod havbunden. Når vindmøllen som vist i fig. 15 er placeret på havbunden, frigøres trækkene. Derefter kan vindmøllen tilsluttes nettet, og såkaldt scour-protection udlægges op omkring den nederste del af
- 25 fundamentet til beskyttelse af dette.
- Det foretrækkes, at der er et slangesæt til hver ballasttank i fundamentet, og der er i hvert sæt en slange til hver af de rørtyper, som leder ned til ballasttankene 12. Der kan således i et sæt være en
- 30 fyldeslange for tilslutning til fylderøret 14, en tømmeslange til tilslutning til tømmerøret 16 og eventuelt en pejleslange til forbindelse med pejlerøret 15. Fyldeslangen kan forbindes med pumpen til levering af tryksat væske eller til den omgivende luft,
- 35 og det samme kan tømmeslangen. Det er også muligt, at der i slangesættet kun er en slange tilsluttet pumpen med tryksat væske, og at denne slange så tilsluttes fylderøret 14 eller tømmerøret 16 alt efter om bal-

last skal tilføres eller fjernes. Det andet af de to rør kan så blot have afmonteret dæksel, så det står åbent til omgivelserne.

Ballastmidlerne og spillene 11 kan styres fra en kontrolstation 40. Der er typisk to kontrolstationer 40, nemlig en på skibets kommandobro i overbygningen 32 og en placeret nede ved lossepositionen 26. Kontrolstationen har styreorganer, såsom trykknapper til styring af henholdsvis spillene 11 og ballastmidlerne. Når tankene har pejlerør, kan der ved hjælp af en til pejleslangen tilkoblet pneumatisk trykmåler på kontrolstationen vises den øjeblikkelige pejlehøjde af væske i de tilhørende tanke. Det er om ønsket også muligt at udvide kontrolstationen med visning af de øjeblikkelige trækkræfter i de individuelle træk 10. Dette kan ske ved, at den rulle, hvormed trækket 10 løber, er ophængt i en sensor (en vejecelle), der måler en værdi, der er repræsentativ for den øjeblikkelige aksiale belastning i trækket 10.

Målingerne af de faktiske aksiale belastninger i trækkene 10 kan anvendes som supplement til eller i stedet for pejlerør. Da der tilstræbes ens løft i trækkene 10 kan den direkte trækmåling med sensorerne også anvendes til automatisk alarmgivning ved kontrolstationen, når aksialkraften i ét af trækkene i løbet af en forudbestemt tidsperiode afviger mere end en forudbestemt grænseværdi fra aksialkræfterne i de øvrige træk. Dette kan eksempelvis give anledning til at ændre ballastmængden i den ballasttank, der ligger længst væk fra trækkets løftepunkt. De målte belastninger indgår dermed som parametre i en semi-automatisk styring af ballastmidlerne, idet en person på basis af oplysningerne aktiverer ballastmidlerne.

Målingerne af de aksiale belastninger i trækkene 10 kan også anvendes til automatisk styring af ballastmidlerne og spillene 11, eksempelvis ud fra en forudbestemt værdi for størrelsen af det samlede løft i trækkene 10 og eksempelvis en forudbestemt værdi

for den maksimale nedfiringshastighed.

Når vindmøllen ønskes flyttet fra havbunden fires trækkene 10 ned til fundamentets nedre af snit 5b og en dykker monterer trækkenes fikseringsorganer til
 5 løftepunkterne 23. Samtidig hermed kan de ønskede slanger fra ballastmidlerne monteres på rørene ved tilkoblingsstedet 13 på vindmøllen. Derefter aktive-
 res spillene 11, indtil de ønskede aksialkræfter i trækkene 10 er etablerede. Derefter udtømmes ballast
 10 fra tankene 12, og hvis vindmøllen er fremstillet med røret 31 tilføres dette samtidig tryksat væske. Når vindmøllen er hævet op til den i fig. 4 viste selv-
 flydende stilling mellem armene 28, kan trækkene 10 slækkes af, og vindmøllen kan forskydes hen til og
 15 placeres på lastepladsen som vist i fig. 3 og 2.

Detaljer fra de forskellige udførelsesformer kan kombineres til nye udførelsesformer ifølge opfindelsen, og der kan laves variationer i de omtalte udførelsesformer, eksempelvis kan lossepositionen 28 være
 20 udformet i fartøjets forstavn i stedet for i agterstavnen, eller lossepositionen kan være sidevendt på fartøjet i stedet for at være placeret ved enden af fartøjet. I forbindelse med en sidevendt placering kan armene med spillene 11 være forskydelige i fartø-
 25 jets længderetning, så at et og samme armsæt kan aktiveres ud for hver vindmølle. Det er også muligt at arrangere spillene 11 på andre måder end vist, eksempelvis med et spil ved enden af armen og to spil monteret inde på fartøjets dæk.

30 Til brug ved opbygning af vindmøllefelter, som ligger ud til vidtstrakte havområder, såsom Atlanterhavet eller Stillehavet, kan fartøjet være forsynet med jack-up udstyr, eksempelvis i form af fire ben med tilhørende drev til lodret forskydning af benene
 35 i disses længderetning. Benene er monteret på fartøjets skrog, såsom med et ben på hver side af fartøjet ved forreste og agterste skulder. Ved de udstrakte havområder er der ofte en vedvarende dønning med stor

bølgelængde, også når vejret i øvrigt er fint og uden blæst. For at modvirke generne fra dønningen kan fartøjet stabiliseres i forhold til havbunden ved aktivering af jack-up udstyret, der kan løfte fartøjet et
5 sådant begrænset stykke op, at dønningerne ikke længere giver bevægelser i fartøjet. Jack-up udstyret kan naturligvis kun aktiveres i løbet af de perioder, hvor der foretages nedfiring eller hævnning af en vindmølle ved lossepositionen, medens udstyret er in-
10 aktivt i de perioder, hvor fartøjet har stor dybgang for forskydning af en vindmølle fra eller til lastepladsen.

Af hensyn til præcis positionering af en vindmølle på et forberedt placeringssted på havbunden kan fartøjet være udstyret med et dynamisk positioneringssystem, der styrer fartøjets propellere 41 og bovpropellere 42 til fastholdelse af en bestemt position. Det i positioneringssystemet indlagte nulpunkt for fartøjet kan her være midtpunktet mellem spillene 11
20 ved lossepositionen. Når den eksakte tiltænkte position for mølleplaceringen er indtastet i systemet, styres fartøjet dermed til at opretholde fartøjets nulpunkt lodret over den tiltænkte position. Som alternativ til et sådant system, kan fartøjet forankres
25 i den rigtige stilling.

P A T E N T K R A V

1. Fartøj til vindmølletransport, hvilket fartøj kan laste mindst en vindmølle med påmonteret fundament, hvor vindmøllen efter lastningen er placeret på fartøjet på en lasteplads i opret stilling svarende til vindmøllens oprette driftsstilling, k e n d e t e g n e t ved, at fartøjet har midler til forskydning af vindmøllen fra lastepladsen til en losseposition, og at fartøjet har spil med mindst tre fleksible træk med tilhørende fikseringsorganer til montering på mindst tre løftepunkter på vindmøllefundamentet, hvilke fleksible træk er arrangeret således ved lossepositionen, at deres forløb ned til monteringssteder på vindmøllefundamentet er beliggende indbyrdes adskilt i vandret retning.

2. Fartøj ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at fartøjet ved lossepositionen har to udragende arme beliggende med en indbyrdes vandret adskillelse, der er større end bredden af vindmøllefundamentet, og at mindst to af de fleksible træk går fra armene til løftepunkterne på vindmøllefundamentet.

3. Fartøj ifølge krav 2, k e n d e t e g n e t ved, at hver arm er tilknyttet mindst to fleksible træk, der fortrinsvis forløber fra armen ned til løftepunkterne på vindmøllefundamentet med en adskillelse i armens længderetning i det væsentlige svarende til længden af vindmøllefundamentet.

4. Fartøj ifølge et af kravene 1-3, k e n d e t e g n e t ved, at midlerne til forskydning af vindmøllen omfatter skinner, der forløber hen gennem hele længden af fartøjets lasteplads til lossepositionen.

5. Fartøj ifølge et af kravene 1-4, k e n d e t e g n e t ved, at mindst et af de spil med fleksible træk, som anvendes ved lossepositionen, indgår i midlerne til forskydningen af vindmøllen fra lastepladsen til lossepositionen.

6. Fartøj ifølge et af kravene 1-5, k e n d e -
t e g n e t ved, at fartøjet i en tilstand med stor
dybgang har lastepladsens dæk beliggende i en sådan
dybde under vandoverfladen, at en vindmølle kan flyde
5 hen over lastepladsen, og i en transporttilstand med
mindre dybgang har lastepladsens dæk beliggende oven
over vandoverfladen, så at vindmøllen er båret af
fartøjet.

7. Fartøj ifølge et af kravene 1-6, k e n d e -
10 t e g n e t ved, at fartøjet har ballastmidler til
ændring af et vindmøllefundaments ballasttilstand.

8. Fartøj ifølge krav 7, k e n d e t e g n e t
ved, at ballastmidlerne omfatter et pumpesystem for
væske med flere slanger for tilslutning på vindmøl-
15 lens fundament.

9. Fartøj ifølge krav 8, k e n d e t e g n e t
ved, at en slangeautomat med slangerne er forskydelig
i fartøjets længderetning.

10. Fartøj ifølge et af kravene 7-9, k e n d e -
20 t e g n e t ved, at ballastmidlerne har et antal
slangesæt, der svarer til antallet af ballasttanke i
møllefundamentet, fortrinsvis mindst 4 slangesæt.

11. Fartøj ifølge krav 10, k e n d e t e g n e t.
ved, at hvert slangesæt omfatter en fyldeslange, som
25 kan forbindes til en væskekilde og fortrinsvis også
omskiftes til en luftkilde, og en tømmeslange, der
kan tilføres tryksat væske, samt hensigtsmæssigt end-
videre en pejleslange tilsluttet en pneumatisk tryk-
måler.

30 12. Fartøj ifølge et af kravene 7-11, k e n d e -
t e g n e t ved, at styringen af væske og/eller
lufttilførslerne til slangerne er fjernbetjent fra en
kontrolstation, der har mindst et styreorgan, for-
trinsvis mindst et styreorgan for hvert slangesæt,
35 til indstilling af ballastændringer i vindmøllefunda-
mentet.

13. Fartøj ifølge et af kravene 1-12, k e n d e -
t e g n e t ved, at hvert af de fleksible træk for-

løber op over en tilhørende rulle, der er ophængt i en sensor til bestemmelse af den aksiale belastning i trækket.

14. Fartøj ifølge krav 13 og et af kravene 1-12, k e n d e t e g n e t ved, at de målte aksiale belastninger i trækkene indgår som parametre i styringen af ballastmidlerne, fortrinsvis således at de aksiale belastninger i trækkene har i det væsentlige ens størrelse.

10 15. Fremgangsmåde til flytning af en vindmølle, der på et vindmøllefundament er opbygget med tårn, nacelle og vinger, inden vindmøllen sejles ud til et offshore vindmøllefelt, og hvor mindst en vindmølle placeres på et fartøj i opret stilling svarende til
15 vindmøllens oprette driftsstilling og sejles ud til et placeringssted i offshore vindmøllefeltet, hvorefter vindmøllen overføres fra fartøjet til placeringsstedet på havbunden, k e n d e t e g n e t ved, at vindmøllen på fartøjet tilføres ballast i vindmølle-
20 fundamentet, inden sejladsen ud til vindmøllefeltet, og at der i forbindelse med overførslen af vindmøllen fra fartøjet til placeringsstedet tilføres ballast til vindmøllefundamentet, medens vindmøllefundamentet er ophængt i mindst tre, vandret adskilte, fleksible
25 træk fra fartøjet med i det mindste hovedparten af vindmøllefundamentets overside beliggende over havoverfladen.

16. Fremgangsmåde ifølge krav 15, k e n d e t e g n e t ved, at vindmøllen er selvflydende og
30 flyttes i flydende, opret stilling til en position over en lasteplads på fartøjet, inden ballasten tilføres i forbindelse med placeringen på fartøjet.

17. Fremgangsmåde ifølge krav 15 eller 16, k e n d e t e g n e t ved, at vindmøllen er i flydende,
35 opret stilling ved offshore vindmøllefeltet, inden vindmøllen fires ned til placeringsstedet.

18. Fremgangsmåde ifølge krav 17, k e n d e t e g n e t ved, at vindmøllen flyder i opret stil-

ling fra lastepladsen til en losseposition på fartøjet.

19. Fremgangsmåde ifølge et af kravene 15-19, k e n d e t e g n e t ved, at fartøjet lastes med 5 mindst tre, fortrinsvis fire eller fem, færdigsamlede og funktionstestede vindmøller.

20. Fremgangsmåde til flytning af en vindmølle fra et placeringsstedet på havbunden i et offshore vindmøllefelt ved hjælp af et fartøj, k e n d e t e g - 10 n e t ved, at vindmøllefundamentet forbindes til mindst tre, vandret adskilte, fleksible træk fra fartøjet, at ballastmidler på fartøjet tilsluttes vindmøllens fundament, at der løftes i de fleksible træk, medens vindmøllen står på havbunden, og at ballast 15 fjernes fra vindmøllefundamentet, idet løftet i de fleksible træk opretholdes, indtil i det mindste hovedparten af vindmøllefundamentets overside er beliggende over havoverfladen.

21. Fremgangsmåde ifølge krav 20, k e n d e - 20 t e g n e t ved, at væske pumpes ned under vindmøllefundamentet i forbindelse med friløftningen af fundamentet fra havbunden.

22. Vindmølle med et vindmøllefundament, hvor vindmøllefundamentet er udformet som et opdriftslegeme, som i flydende tilstand kan bære et påmonteret 25 tårn med nacelle og møllevinger, og er indrettet til modtagelse af ballastvæske, k e n d e t e g n e t ved, at vindmøllefundamentet er inddelt i mindst tre kamre, og fortrinsvis mindst fire kamre, hvoraf 30 mindst tre virker som ballasttanke, og at vindmøllefundamentet har mindst tre løftepunkter med beslag for montering af fikseringsorganer.

23. Vindmølle ifølge krav 22, k e n d e t e g - n e t ved, at vindmøllefundamentet har et centralt 35 kammer og fire kamre, som ligger fordelt rundt omkring det centrale kammer.

24. Vindmølle ifølge krav 23, k e n d e t e g - n e t ved, at det centrale kammers væg forløber op i

et cylindrisk rør, som er forbundet med vindmøllens tårn.

25. Vindmølle ifølge et af kravene 22-24, k e n -
d e t e g n e t ved, at fundamentet har firkantet
5 facon i sit nedre parti, og at der ved hvert hjørne
er et løftebeslag.

26. Vindmølle ifølge et af kravene 22-25, k e n -
d e t e g n e t ved, at hver ballasttank i fundamen-
tet har et fylderør, et tømmerør og fortrinsvis også
10 et pejlerør, hvor tømmerøret og pejlerøret strækker
sig ned i nærheden af ballasttankens bund.

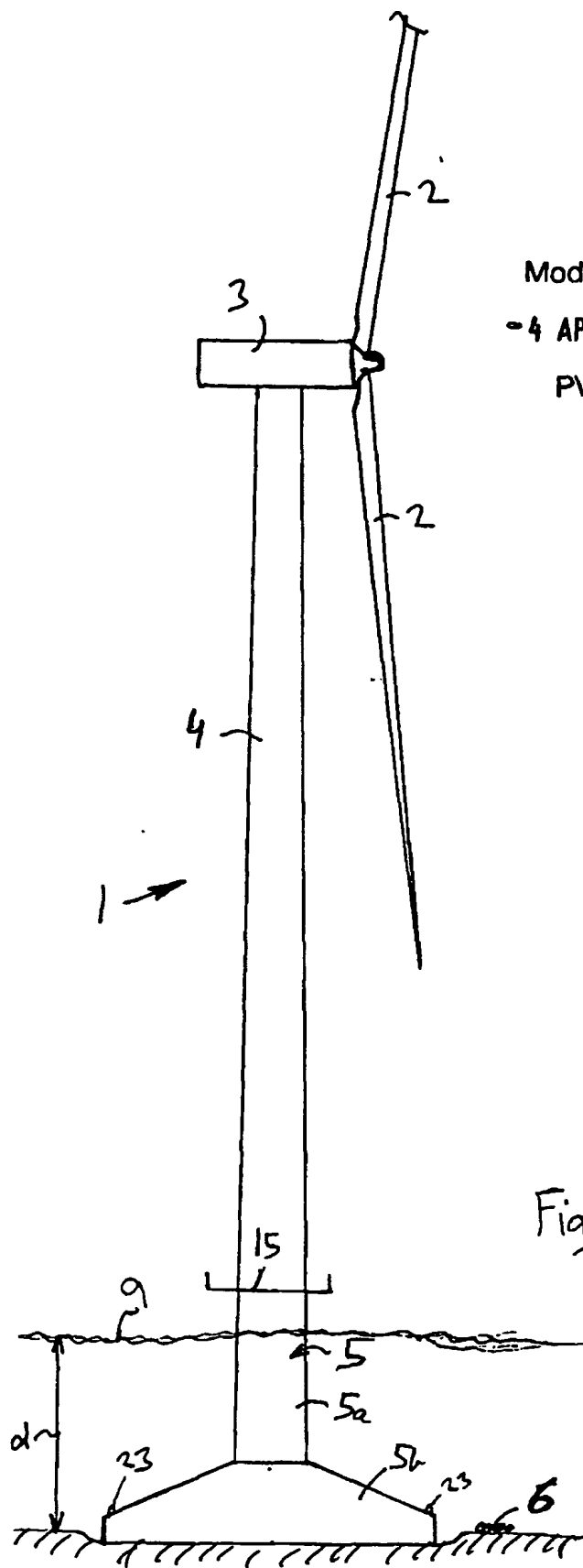
27. Vindmølle ifølge krav 26, k e n d e t e g -
n e t ved, at tømmerøret er forsynet med en ejector
til udsugning af fluidum fra ballasttanken, når ejec-
15 toren tilføres tryksat væske.

28. Vindmølle ifølge et af kravene 22-27, k e n -
d e t e g n e t ved, at fundamentet har et rør, som
udmunder ved undersiden af fundamentet.

29. Vindmølle ifølge et af kravene 22-28, k e n -
20 d e t e g n e t ved, at alle rørene til brug ved
ifyldning og udtømmning af ballast er faste rør, som
strækker sig op over fundamentets vandlinie i møllens
selvflydende tilstand, fortrinsvis op over vindmøl-
lens vandlinie efter placeringen på havbunden, og af-
25 sluttes i koblingsdele for slangetilslutninger.

Internationalt Patent-Bureau A/S





Modtaget

-4 APR. 2003

PVS

Fig. 1

Fig. 2

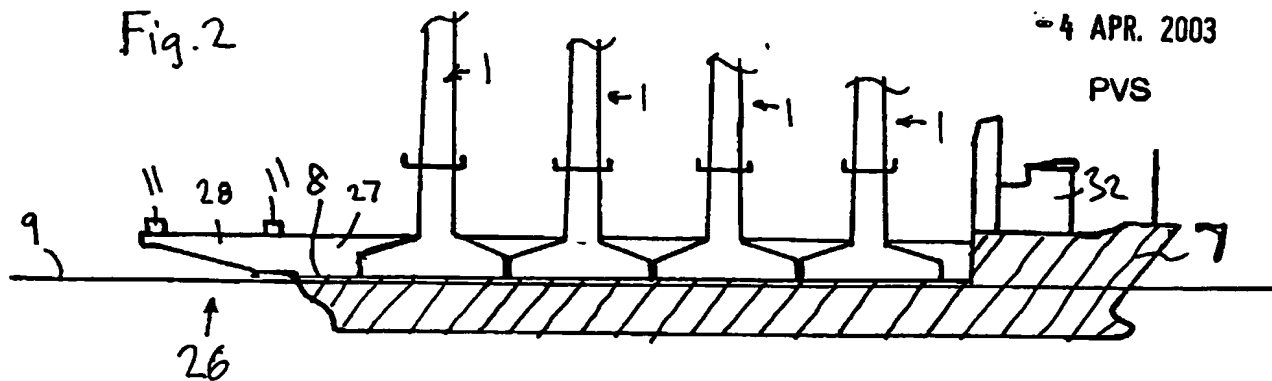


Fig. 3

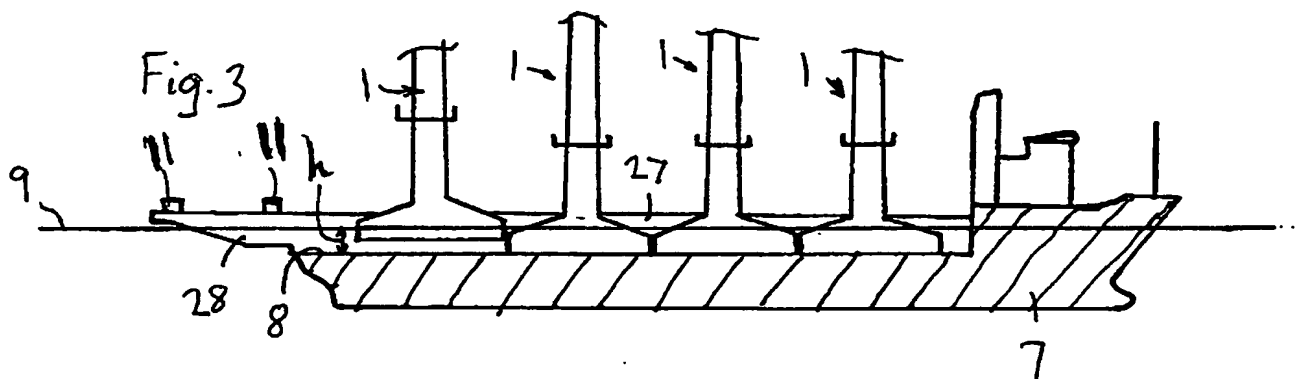


Fig. 4

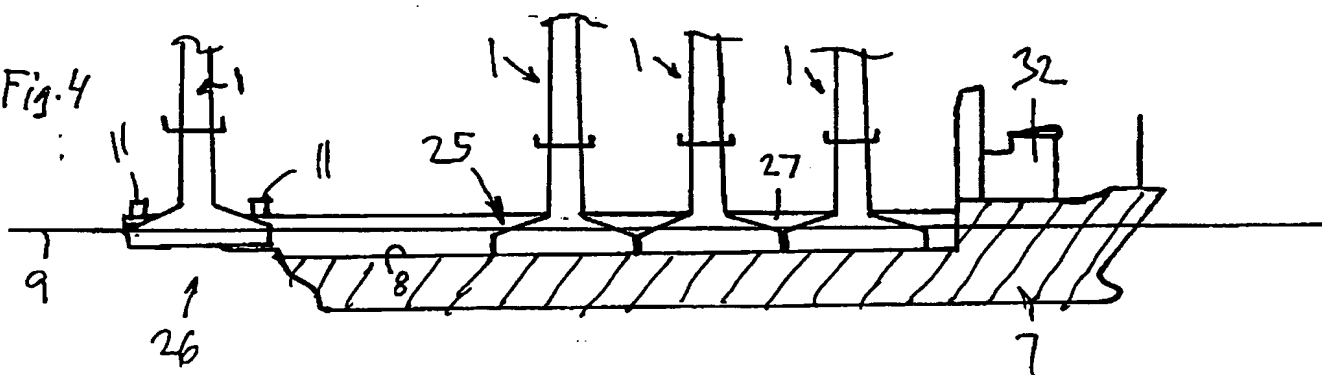
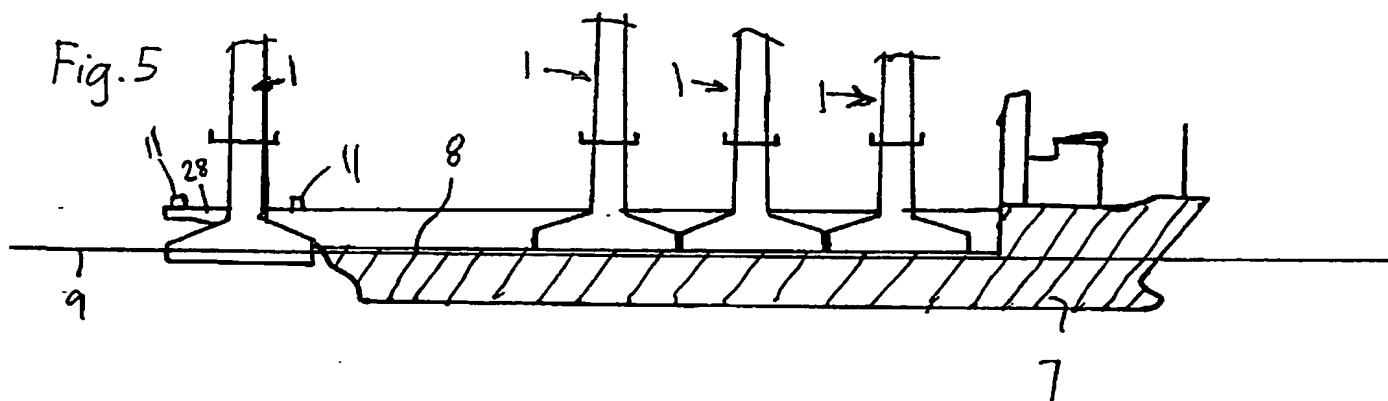


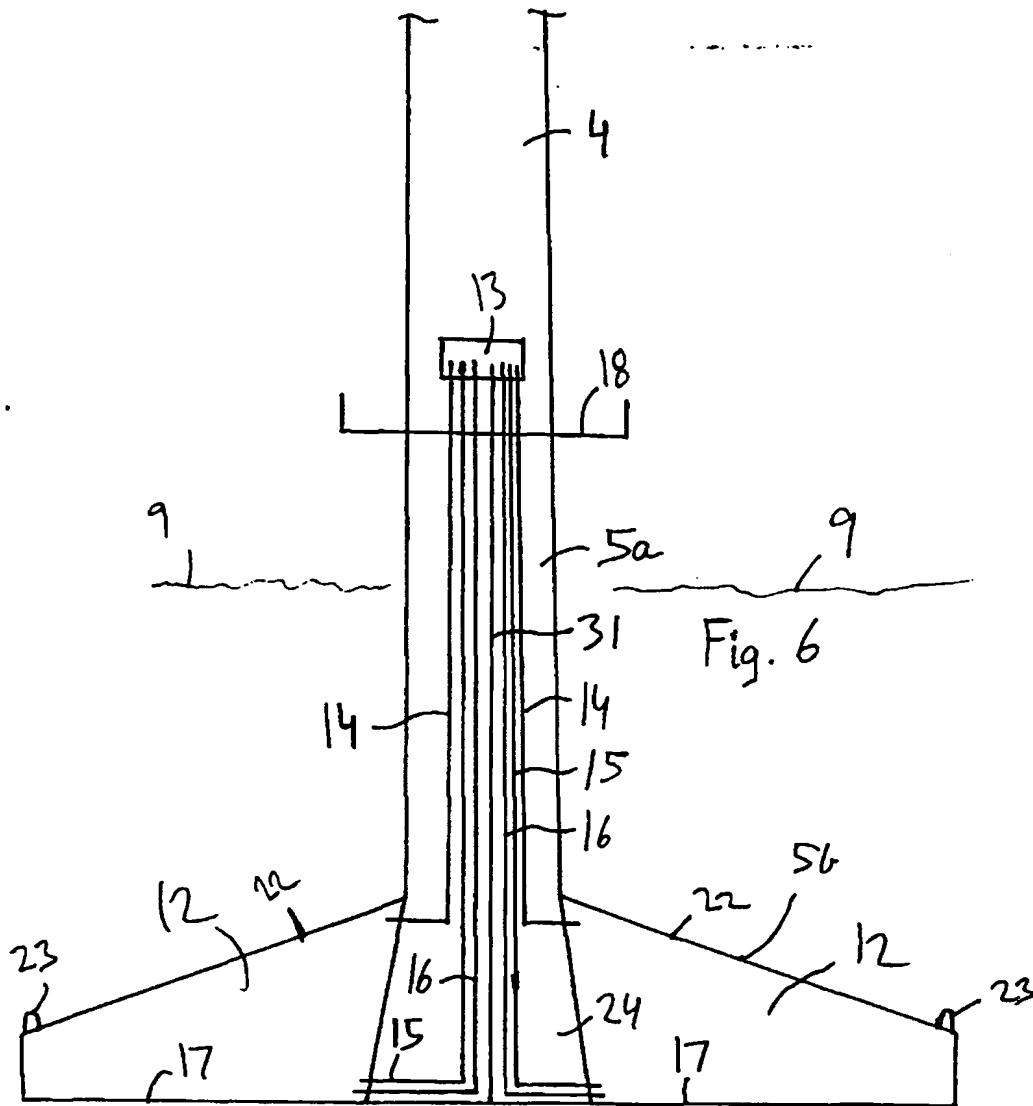
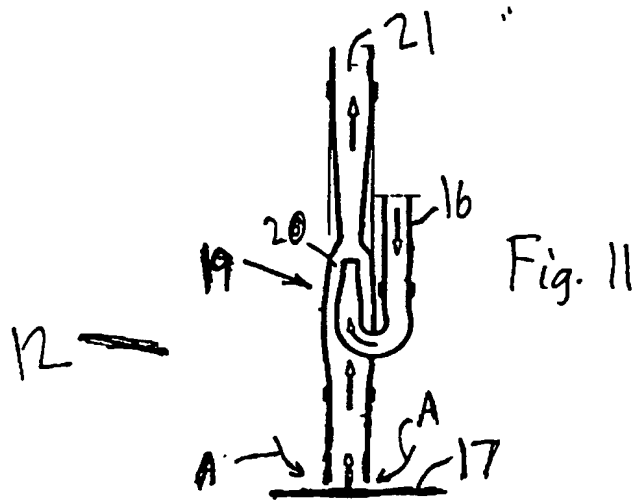
Fig. 5



Modtaget

4 APR. 2003

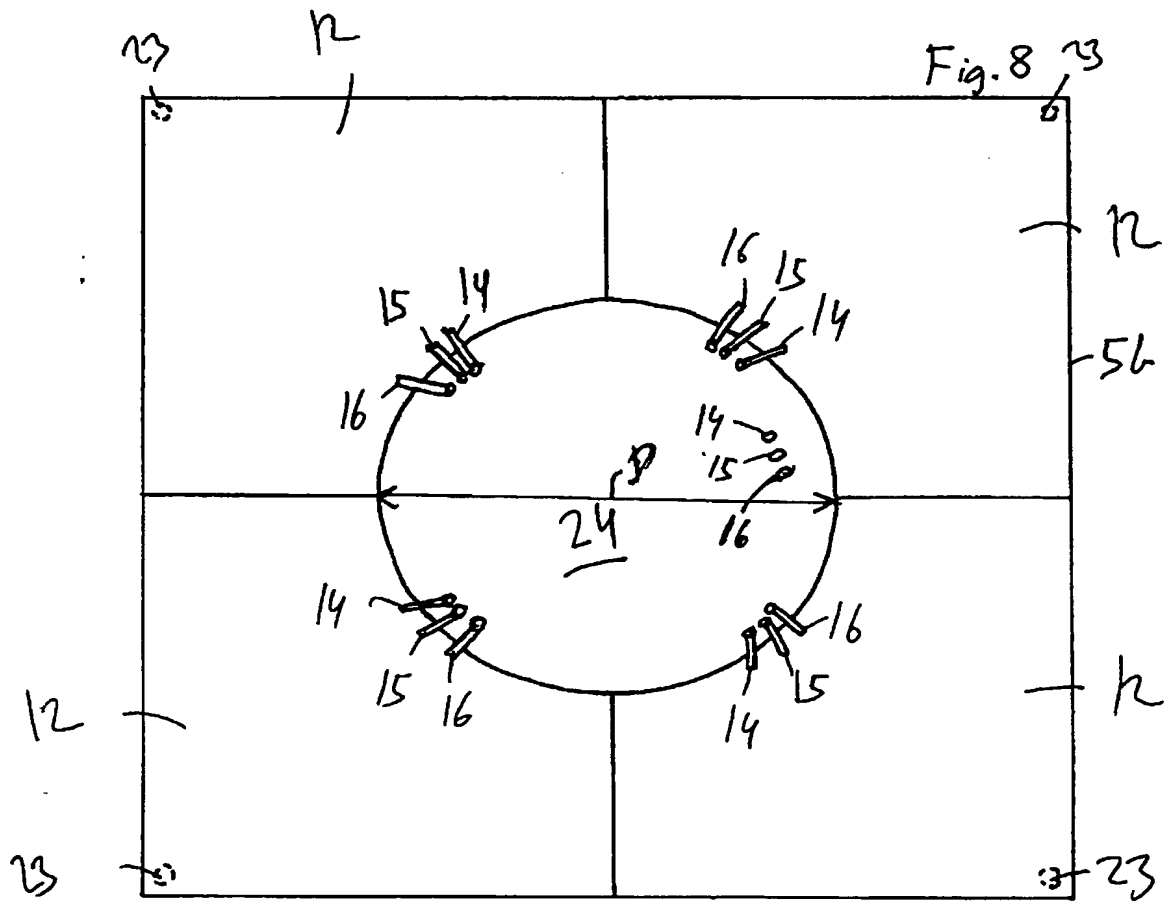
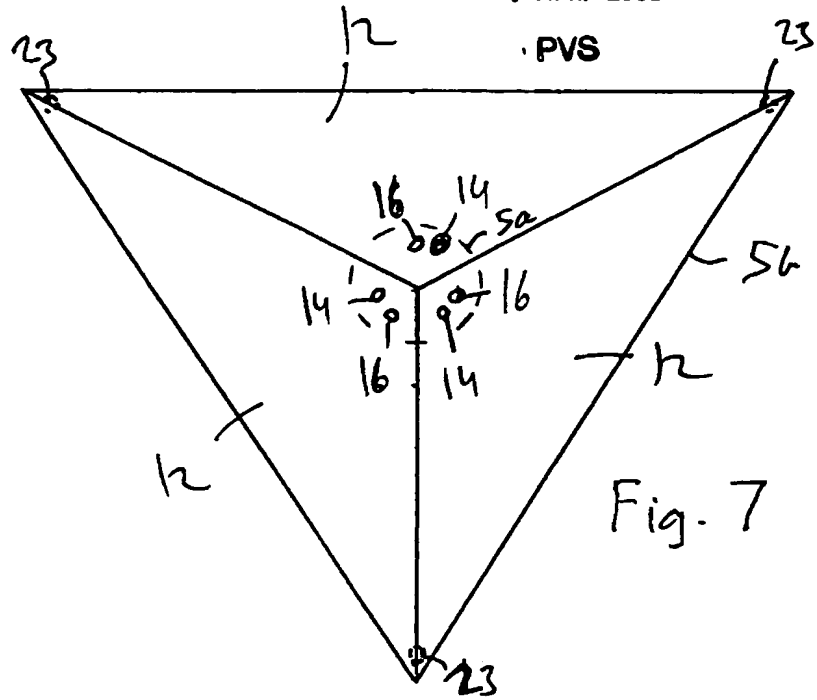
PVS

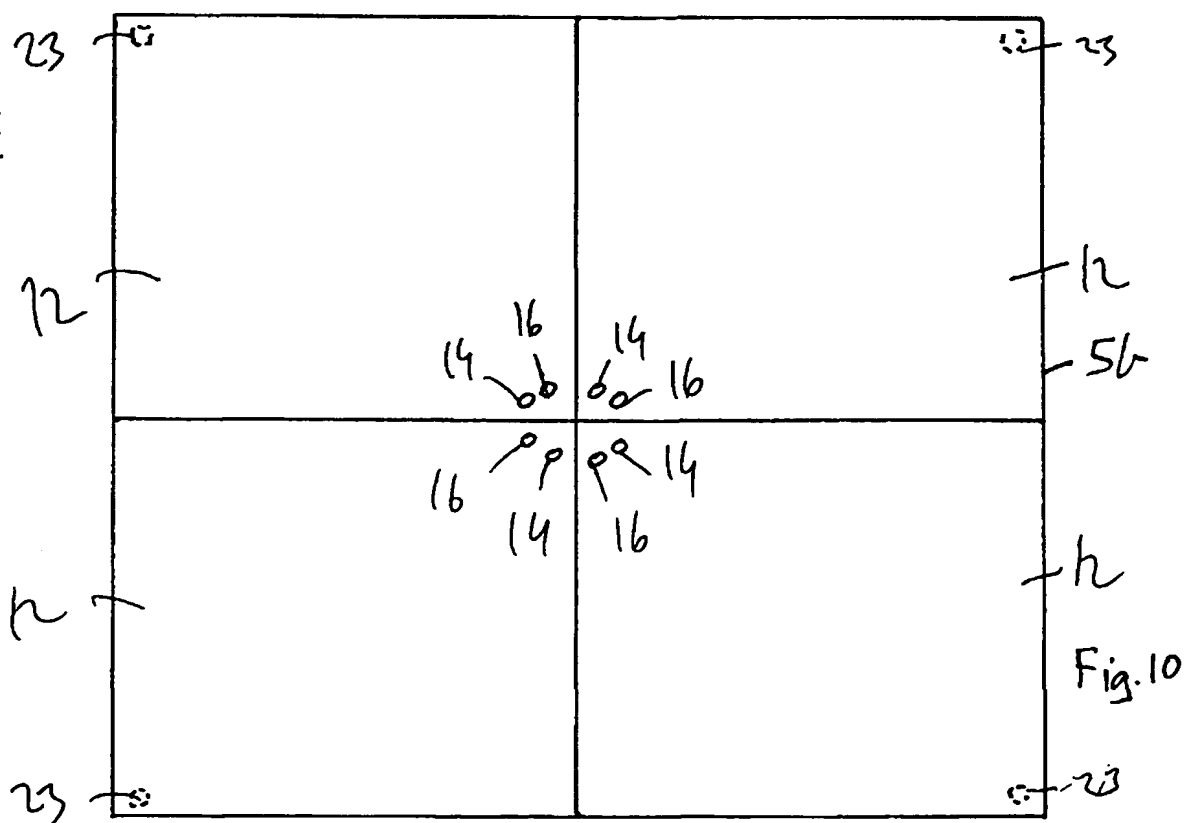
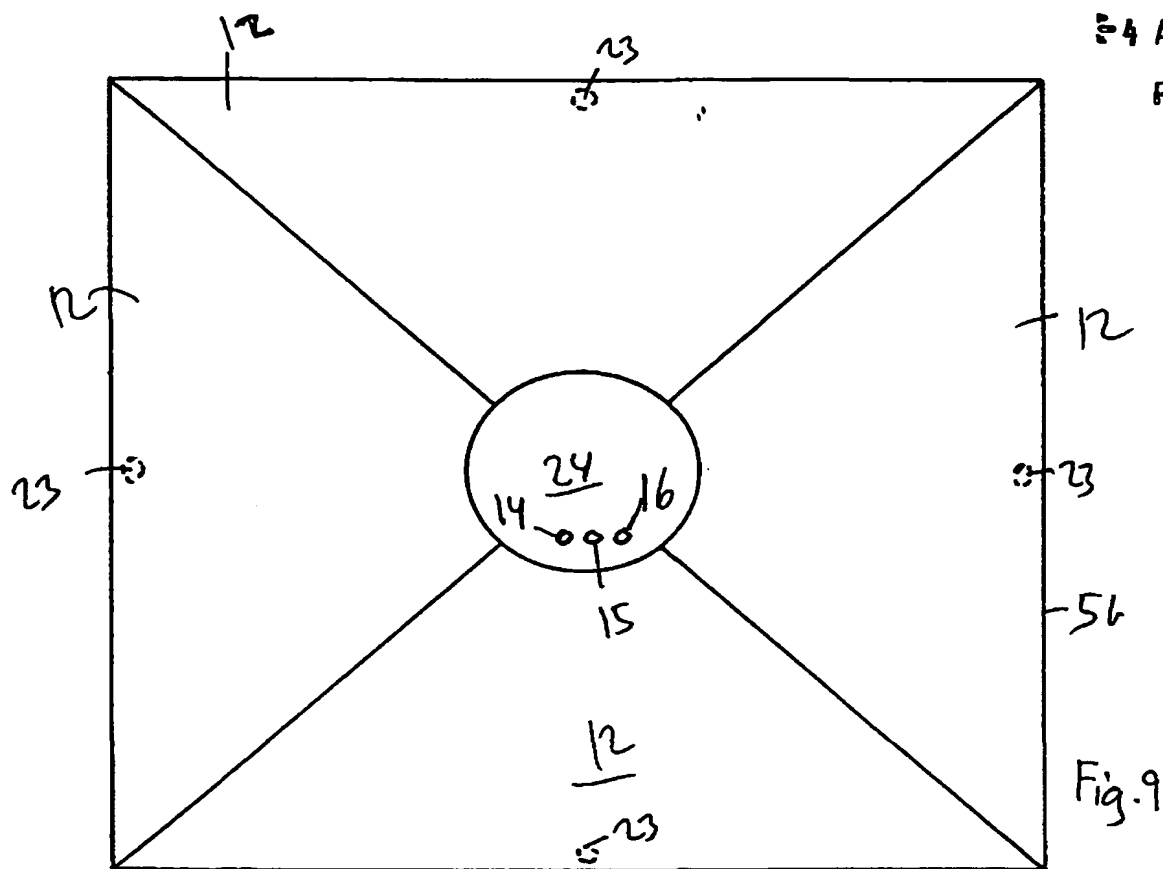


Modtaget

4 APR. 2003

PVS





PVS

Modtaget

4 APR. 2003

PVS

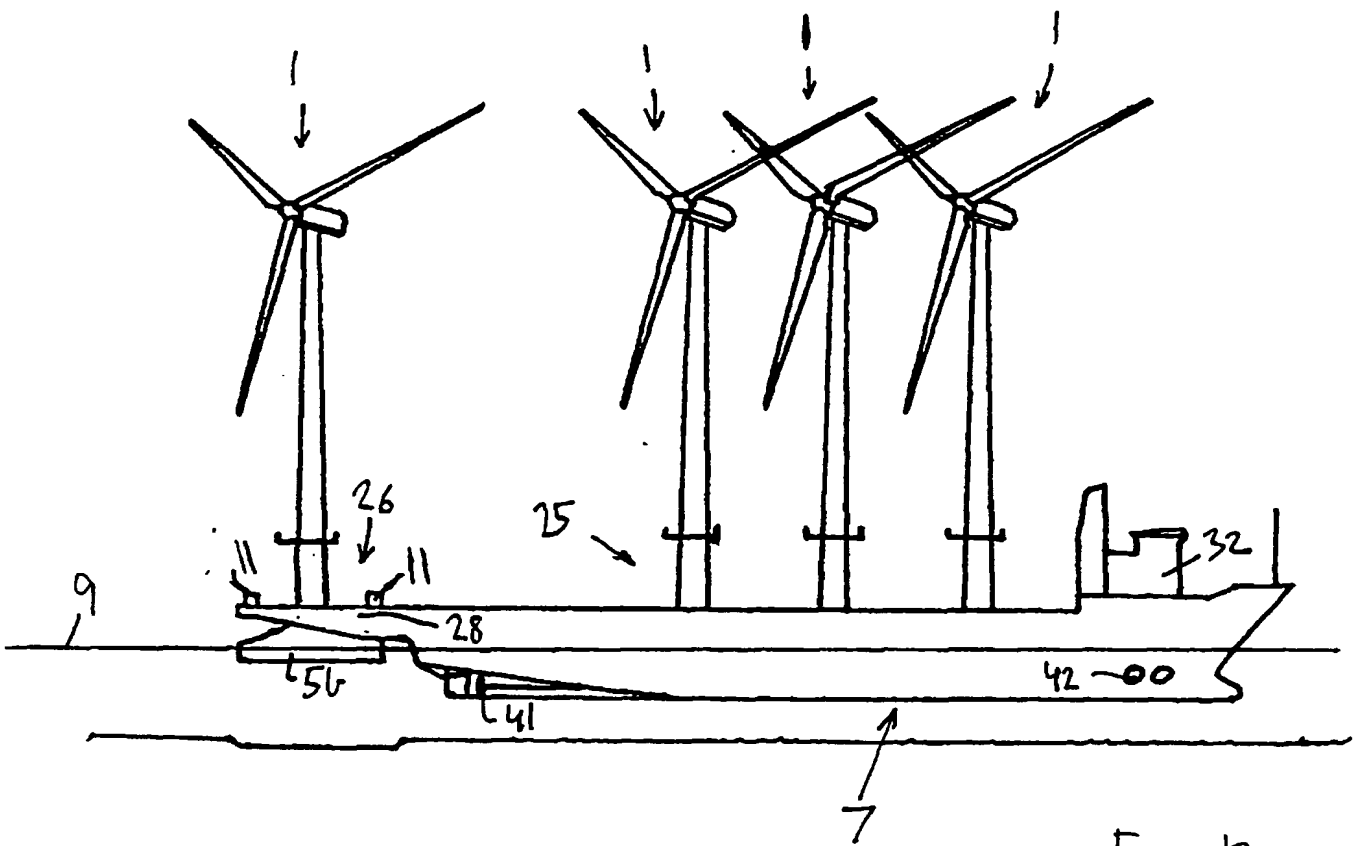


Fig. 13

Modtaget

4 APR. 2003

PVS

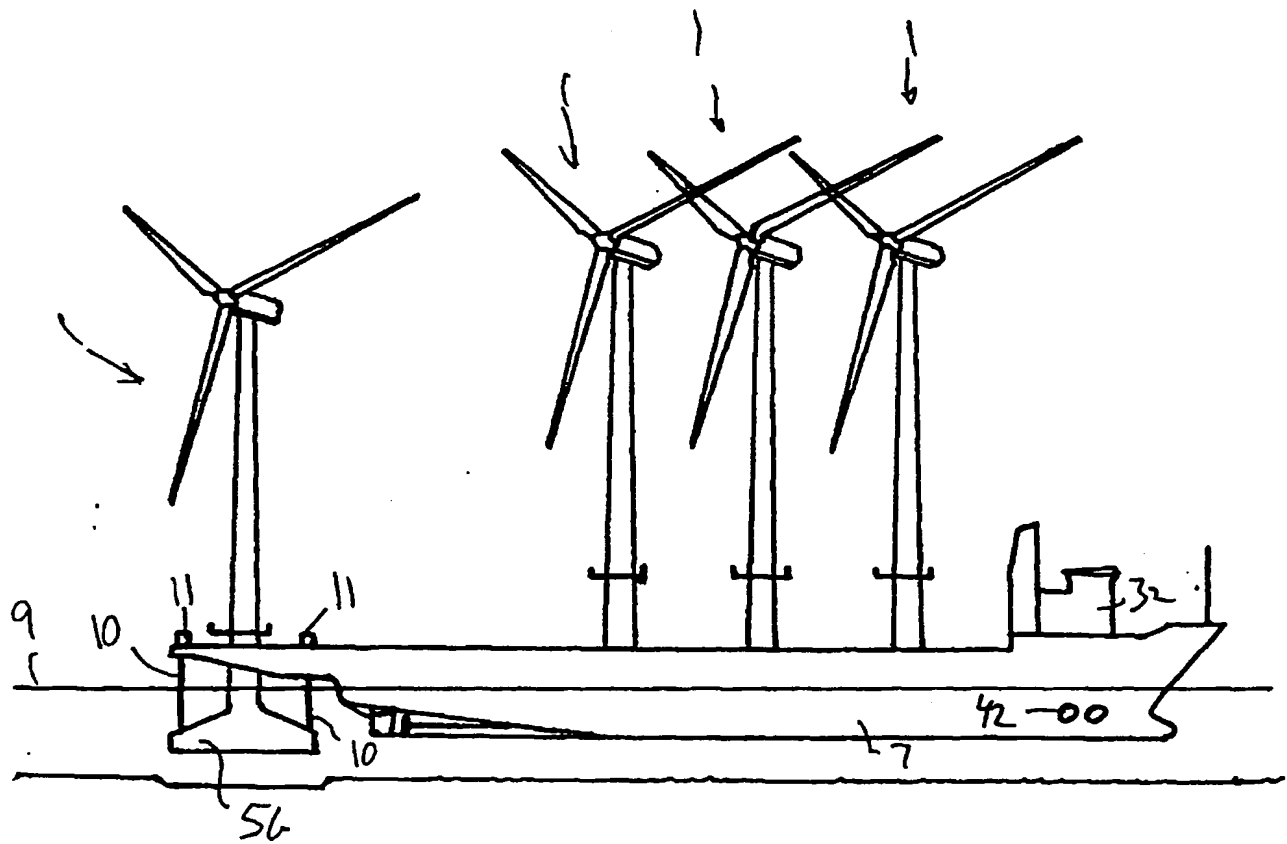


Fig. 14

Modtaget

4 APR. 2003

PVS

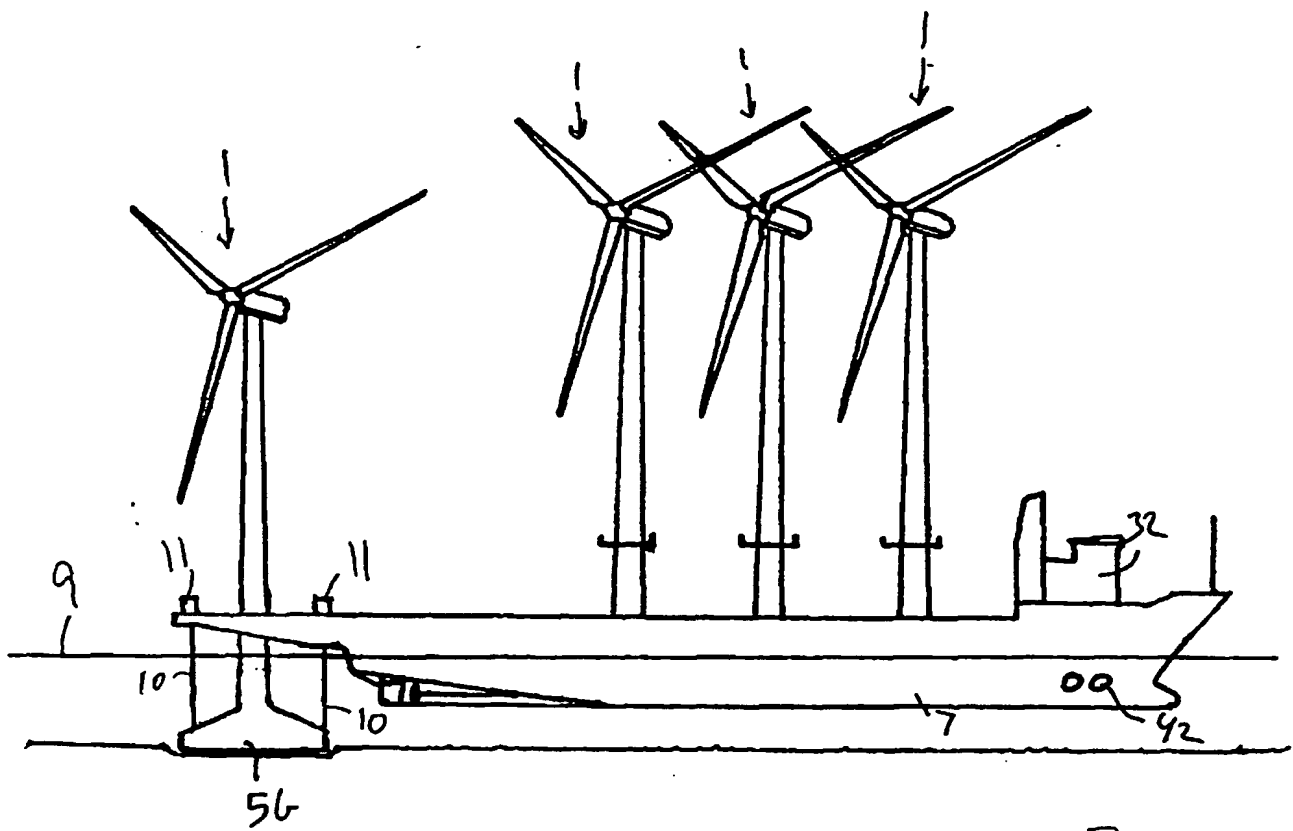


Fig. 15

Modtaget

4 APR. 2003

32

Ind/128599

PVS

04/04/03

Et fartøj til vindmølletransport, fremgangsmåder til
5 flytning af en vindmølle samt en vindmølle til en
offshore vindmøllepark.

S A M M E N D R A G

- 10 En vindmølle (1) har et fundament (5) inddelt i
mindst tre ballasttanke (12). Et fartøj (7) har mid-
ler til forskydning af vindmøllen mellem en laste-
plads (25) og en losseposition (26). Fartøjet har ved
lossepositionen spil (11) med mindst tre fleksible
15 træk (10), der kan forbindes med vandret adskilte
løftepunkter (23) på vindmøllefundamentet.

(Fig. 1)